

noticias de la construcción

SEMINARIOS TORROJA sobre TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN Y DE SUS MATERIALES

EVALUACIÓN DE LA FIABILIDAD ESTRUCTURAL DE CONSTRUCCIONES DE MADERA EXISTENTES

Miguel Angel Rodríguez Nevado
Dipl. Arquitecto
KITHARIS S. L.
Salamanca

24 enero 2002

Los objetivos de la charla fueron presentar aspectos metodológicos actuales relevantes al tema, y apuntar necesidades de investigación relacionados con los mismos. En una primera aproximación, debe señalarse que el campo de estudio que nos atañe es amplio: similares tecnologías y protocolos de análisis han de aplicarse para la evaluación del comportamiento mecánico de una tabla soporte de una pintura del siglo XIV, una armadura de lazo del XVI, un entramado de vivienda del XVIII, una construcción industrial del XIX, o un pabellón del XX.

Evaluar la fiabilidad de una construcción en madera implica la puesta en escena de conocimientos provenientes de, grosso modo, cinco ámbitos de conocimiento: la tecnología de la madera, el análisis estructural, la ciencia de la conservación, el análisis histórico y/o estético, y la evaluación del ciclo de vida. Pero, antes de entrar a comentar problemas específicos relativos a dichas áreas, particularmente el análisis estructural, conviene apuntar (puesto que se relacionan estrechamente tanto con los objetivos perseguidos como con las áreas en sí) los dos tipos de *razones* para realizar una evaluación de fiabilidad estructural:

1. Razones económicas y/o de seguridad. Creemos evidente, por diferentes

razones que sería prolijo detallar ahora, que carece de sentido económico o tecnológico la actual práctica, más o menos generalizada, de substituir por sistema las estructuras de madera existentes por alternativas en acero u hormigón.

2. Principios teóricos de intervención. Pensamos que las propuestas del Grupo de Madera del ICOMOS (UNESCO) constituyen una útil referencia a la hora de establecer un posible marco normativo o de orientación teórica en la intervención sobre estructuras de madera. En ellas se contienen consideraciones relativas a aspectos como la inspección y documentación de estructuras, su monitorización y seguimiento, o su relación con la gestión del recurso forestal. Se recomienda, a la hora de intervenir, el recurso a procedimientos y tecnologías próximos a los originales, la implementación específicamente orientada a estructuras de madera de principios como la accesibilidad, la reversibilidad, la trazabilidad de la intervención o la reducción al mínimo estructuralmente seguro de la misma. Asimismo, se apunta la conveniencia de la utilización de especies forestales y configuraciones estructurales análogas a las originales (supuesta su probada eficacia de comportamiento), y el evitar, siempre que sea posible, el recurso a las soluciones basadas en elementos metálicos o productos sintéticos ajenos a las configuraciones originales.

Bien, establezcamos ahora las preguntas a responder frente a una construcción de madera existente:

1. ¿Cuál es la capacidad intrínseca de la estructura para mantener su función a un plazo determinado?

2. ¿Qué relación existe entre lo que hagamos (o no hagamos) con una estructura y la probabilidad de su existencia en dicho plazo?

Para abordar el problema de responder, nos encontramos tres problemas básicos:

1. Inexistencia de protocolos adecuados o métodos científicos probados con suficiente generalidad. Aunque disponemos de experiencia tradicional y criterios de inspección más o menos basados en experiencias personales, y de un cierto volumen de resultados procedentes de la aplicación de metodología científica a lo largo de los últimos (aprox.) 50 años.

2. Inadecuación de la normativa vigente (o su inexistencia). Los métodos de verificación estructural de tensiones admisibles resultan muy inadecuados para la solución de nuestro problema. Incluso los métodos semi-probabilistas, de nivel I, suponiendo un paso muy importante, distan de ser satisfactorios. Sólo la introducción de procedimientos totalmente probabilistas permitirá una respuesta, plenamente adecuada, a las cuestiones propuestas.

3. Fuentes de incertidumbre. En el análisis estructural de una construcción de madera, nos encontramos con tres fuentes de incertidumbre, asociadas a los tres modelos que hemos de realizar, frecuentemente basándonos en diferentes técnicas de análisis no destructivas (fotogrametría y técnicas asociadas, ondas sónicas y ultrasónicas, deformación, técnicas basadas en propiedades eléctricas o térmicas, técnicas tomográficas, radares de penetración, técnicas basadas en radiaciones, técnicas quasi-no destructivas, inspección visual entrenada...)

3.1. Incertidumbres asociadas al modelo geométrico. Para su realización podemos utilizar diferentes técnicas de topografía estructural y de restitución (gráfica *clásica*, maquetas, realidad virtual), además de métodos como fotogrametría, endoscopia, termografía... Cualquiera de tales métodos lleva aparejados niveles de incertidumbre que deben ser cuidadosamente considerados a lo largo de todo el proceso posterior.

3.2. Incertidumbres en el modelo biológico. En términos prácticos, podemos considerar cuatro grandes grupos de técnicas a utilizar:

3.2.1. Técnicas de alta precisión (rayos X, resonancia magnética, tomografía computerizada...) de escasa aplicación práctica, si consideramos que, habitualmente, estamos *en obra*.

3.2.2. Análisis de las características de la propagación del sonido. Permiten una aproximación al perfil mecánico del material, a partir de su contraste con otros datos (especie, humedad, densidad...)

3.2.3. Métodos basados en el estudio del comportamiento del material frente a la penetración de taladros o agujas, o a la extracción de tornillos, y procedimientos similares.

3.2.4. Medición de datos higrotérmicos.

3.2.5. Identificación de especies, singularidades de crecimiento, y agentes bióticos y abióticos activos.

3.3. Incertidumbres asociadas al modelo mecánico. Sucintamente:

3.3.1. Desconocimiento del comportamiento preciso de los nudos

3.3.2. Grado de incidencia del historial higromecánico de los componentes

3.3.3. Asignación correcta de clases resistentes

3.3.4. Evolución en los dos sentidos del eje temporal de las agresiones (sobre todo bióticas)

Para tratar de aplicar (en la medida de lo posible, y como *solución provisional*) los criterios del Eurocódigo 5, en nuestro trabajo actual optamos por verificar un modelo mecánico en el que, a partir de los resultados del modelo biológico, establecemos la clase resistente de las barras estructurales, así como el grado de reducción a aplicar a los parámetros de sección aparentes (área, y momentos de primer y segundo orden). Estas asignaciones las basamos en nuestra experiencia y en el análisis de la literatura técnica disponible; *sabemos* que nos sitúan del lado de la seguridad, pero *no sabemos* con qué orden. En cualquier caso, no es un procedimiento probabilista, es decir, sólo es una aproximación a la respuesta de las preguntas objetivo citadas. Para poder llegar a una solución *completamente probabilista* del problema, y con *posibilidades de aplicación en la práctica real*, apuntaríamos las siguientes necesidades de investigación:

1. Estudio de la validez (límites de la misma y valores de probabilidad asociados) de los métodos de evaluación no destructiva disponibles.

2. Establecimiento de criterios de asignación de perfiles resistentes a barras estructurales *in situ*.

3. Creación de bancos de datos relacionando los niveles y características de la degradación con la pérdida de resistencia asociada.

4. Establecimiento de los límites de validez de los posibles modelos de comportamiento de nudos y sistemas.

5. Establecimiento de marcos normativos y protocolos específicos.

CONSTRUCCIÓN DE ÓRGANOS MUSICALES DE PIEDRA

Javier García Guinea
Dr. Ciencias Geológicas
Museo Nacional Ciencias Naturales.
CSIC. Madrid

Iván Larrea Bellod
Asociación de Fabricantes de Mármol.
Novelda

7 febrero 2002

El pasado día 24 de marzo del 2001, en el Museo del Prado de Madrid, tuvo lugar un concierto presentación del primer órgano de piedra por parte del organero Iván Larrea y « La Capilla Vocal del Castillo de Argüeso » con Antonio Barranco como organista, en una sala abarrotada con más de 400 personas y cinco cadenas de televisión. Este primer órgano de dos metros de altura, un metro de anchura, 250 kilos de peso y 49 teclas-tubos de mármol fue vendido a un empresario de California. En los últimos años, Iván Larrea ha desarrollado técnicas para realizar bajorrelieves e incrustaciones altamente decorativos en el mármol para poder construir y decorar órganos de piedra. Estas Investigaciones y trabajos han llevado a la concesión de diversas patentes y a la construcción de órganos musicales que están demostrando tener extraordinaria calidad acústica y belleza, y además, están abriendo nuevos horizontes en organería, donde ya está siendo posible, para los arquitectos, integrar la nobleza de la roca ornamental del órgano y del propio edificio. Obviamente, se puede seguir combinando la piedra natural con los materiales tradicionalmente utilizados en órganos como madera y metales. Si se desea, se puede escuchar música de órgano de piedra natural en la página WWW de la International Organ Foundation: <http://www.aq.upm.es/organ/iof.htm>.

PROPIEDADES ACÚSTICAS DE LOS TUBOS DE PIEDRA

No existen dos órganos que suenen exactamente igual, incluso dos tubos afinados igual pueden tener voces o timbres diferentes. Por ejemplo, dos tubos uno corto y cerrado en su límite y otro casi el doble de longitud, pero abierto, tienen el mismo afinado, sin embargo al tubo mas corto le faltan todos los armónicos pares que tiene el

largo. Este efecto lleva asociada una de las artes del constructor de órganos, que supone la elección de la medidas de los tubos, para crear sonidos específicos. Los estudios sobre propagación del sonido en tubos de tamaños diferentes y formas permiten controlar el timbre y el sonido debidos a las características físicas de los tubos. Las descripciones básicas, por ejemplo, efecto de la temperatura y fluctuaciones del chorro de aire, sobre la generación del sonido en la embocadura de los tubos de órgano ha sido bastante estudiado y publicado. Los constructores de órganos necesitan crear tubos que produzcan tonos pre-establecidos.

La geometría del tubo está relacionada con la velocidad de flujo del aire que sale de la abertura. Las pruebas efectuadas por Iván Larrea y J. García-Guinea con el prototipo de órgano de piedra portativo en las cámaras anecoica y reverberante del Instituto de Acústica del CSIC dieron excelentes resultados acústicos. Los tubos de piedra natural presentan un índice de reverberación superior a las materiales tradicionales, produciendo un sonido mucho más limpio, con mayor número de armónicos y un ataque más preciso sin modificarse el resto de los parámetros que pudieran influir en su altura de tono, intensidad y timbre. Las piedras presentan un índice de reflexión acústica más elevado por lo que las ondas armónicas generadas por la onda fundamental no son absorbidas como ocurre en la madera y los metales.

MATERIALES: PIEDRA NATURAL FRENTE A MADERA Y METAL

La utilización de piedra natural para instrumentos musicales es extremadamente rara y rudimentaria, por ejem-

plo fonolita para xilófonos. Sin embargo, es importante estudiar las propiedades musicales de otros materiales tales como madera y metal. La madera se trata químicamente con trioxanos para tapar fugas de aire y para mejorar sus propiedades higroscópicas y acústicas, y para hacerla más estable dimensionalmente.

Las resonancias más significativas de los instrumentos de viento están asociadas con columnas de aire, mas que con las vibraciones estructurales del cuerpo; en un tubo de piedra, el principal elemento de vibración también son las columnas de aire, no la estructura, como en el caso del violín.

Los tubos metálicos que utilizan habitualmente los constructores de órganos están fabricados por número muy escaso de grandes empresas. Los tubos de piedra presentan nuevas propiedades acústicas sin los problemas típicos del metal, como dilataciones térmicas y oxidación.

Los mármoles que se han utilizado para la construcción de órganos de piedra son el «Rojo Alicante» (Monovar, Alicante) y el «Crema Marfil» (Pinoso, Alicante). Ambas zonas mineras están próximas a Novelda, donde hay centenares de factorías de corte y pulido de rocas ornamentales.

GLASSTEC 2002

Düsseldorf (Alemania), 28 octubre a 1 noviembre 2002

En las fechas indicadas se abrirán las puertas de la GLASSTEC 2002, una feria en la podrán apreciarse los nuevos pasos dados en este sector, así como los métodos desarrollados por los profesionales para la transforma-

ción y aplicación del vidrio en el campo de la construcción.

GLASSTEC es, a nivel mundial, la única feria monográfica del vidrio que cubre, desde la industria suministradora y la maquinaria de producción hasta el producto vítreo acabado, así como sus aplicaciones, además del desarrollo último de las tecnologías de automatización, control e información del sector.

Es importante y práctica la oferta de maquinaria modular que permite satisfacer los requisitos de los clientes a bajo coste y en un tiempo reducido.

Como gran novedad también se ofrece un nuevo sistema de corte para la reutilización de casi un cien por cien de las barbas y residuos; las máquinas especiales para la alta precisión en bordes de vidrios planos, esféricos y anesféricos; la implantación del sistema láser para separar distintas clases de grosores—de importante aplicación en el campo de la arquitectura—, con la pretensión de establecer el máximo equilibrio entre grosor y transparencia; sistemas estratificados de gran poder aislante, como el monocapa de plata y carga de argón, así como el que regula el paso de la luz en aplicaciones de recubrimientos antirreflectantes; vidrios con capacidad autolimpiadora y el revolucionario sistema TPS —una serie de separadores termo-plásticos que permiten la fabricación de un vidrio de alto poder aislante.

En el transcurso de la Feria se celebrará el simposio sobre “Lo diáfano como concepto estético-arquitectónico” y a la discusión sobre las siguientes áreas temáticas: ¿Edificio, central térmica o termocontenedor? “Nuevos materiales, tecnologías, estética y ornamentación” y “La cara externa de los edificios del futuro”.